

<b>FORMULARIO Nº 4</b>	<b>SOLICITUD DE FACTURA</b>		
FECHA:	17 de Enero de 2022		
DE:	JORGE MANRÍQUEZ FICA (Jefe de Centro de Costos)		
A:	DIRECTOR EJECUTIVO SOCIEDAD DE DESARROLLO TECNOLÓGICO (SDT)		
Solicito a Ud. emisión de factura de venta para:			
NOMBRE DEL PROYECTO:			
<b>DATOS DE LA EMPRESA CLIENTE:</b>			
RAZÓN SOCIAL:	TUBEXA INDUSTRIAL LIMITADA		
GIRO:	VENTAS AL POR MAYOR DE METALES Y MINERALES METALIFEROS		
ATENCIÓN:			
DEPARTAMENTO:			
RUT:	76590720-9		
DIRECCIÓN / COMUNA:	AV. LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS 1460, OF 501, STGO		
FONO:	(56-2) 2483 0200		
CORREO ELECTRÓNICO: (A ESTA DIRECCIÓN SERÁ EMITIDA LA FACTURA UNA VEZ)			
VENCIMIENTO <span style="background-color: #f0e68c; padding: 2px 10px;">Contado</span>			
EMITIDA CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	Valor Unitario	VALOR TOTAL
INFORME(s) AM: 15700	COTIZACION(ES) CAM: 17705	MONTO NETO	
		19% IVA	
		TOTAL	

TODA LA FACTURACIÓN ELECTRÓNICA DE SDT SERÁ ENVIADA MEDIANTE E-MAIL A LA DIRECCIÓN

INDICADA EN EL PRESENTE FORMULARIO

**ENVIAR FACTURA A:**

USACH	(Departamento o persona)	EMPRESA (solo marcar x si	<input checked="" type="checkbox"/> X	OTRO (Especificar)	Mail
bhdsghf		corresponde)			
Nº de Orden de Compra					

Observaciones

--

Nota: La dirección de SDT USACH es Av. Libertador Bernardo O'Higgins N° 1611, sin embargo, para dar inicio a la tramitación de este Formulario, lo debe entregar en la dirección Av. Bernardo O'Higgins N° 2229, Oficina de Ingreso de Requerimientos.



Jefe de Proyecto

Jorge Manríquez Fica  
Director de Departamento

## **Metalurgia Física**

### **Guía de Diagnóstico:**

1. ¿Cuál es el Tamaño de los átomos de los metales?, ¿Cómo se determina experimentalmente? Explique con detalle.
2. ¿Cuál es la condición de equilibrio de un sistema?
  - a. Mecánico
  - b. Termodinámico.
3. ¿En particular, cuando se encuentran en equilibrio dos fases en un sistema multicomponente?, ¿Cuál es la base de la tangente común?
4. Defina en base a la teoría atómica:
  - a. Fase.
  - b. Actividad y concentración (o composición) ¿Cuándo son iguales?
  - c. Energía interna de un sólido.
  - d. Energía libre de Gibbs.
5. Explique, ilustrando con una caja de fósforo
  - a. Equilibrio metaestable.
  - b. Equilibrio Estable
  - c. Equilibrio inestable.
6. ¿Cuáles son las estructuras cristalinas estables a temperatura ambiente de los siguientes metales: Cu, Fe, Pb, Al, Mg, Ti, Ni, Cr, Zn, Au, Ag y Pt, indique las temperaturas de fusión, cual es su densidad? ¿Qué tiene que ver con el modulo de Young (modulo de elasticidad).
7. Indique
  - a. ¿Cuál es la composición de la aleación Fe-C de menor temperatura de fusión y de austenización.
  - b. De manera razonable, explique la mucha mayor solubilidad de carbono en austenita que en ferrita.
8. En el diagrama esquemático, energía versus composición represente las fases en el sistema hierro carbono a 800°C e indique a fase más estable y su composición. Ayúdese utilizando el diagrama de hierro carbono.
9. Defina sustancia cristalina, monocrystal y borde de grano; desde qué época se sabe que la materia es cristalina?. Ídem los metales ¿Cómo se determinó?
10. ¿Qué tienen en común y como se diferencian las estructuras FCC y BCC?  
Identifique los índices de Miller los planos más compactos de la estructura FCC y la dirección más compacta en la BCC?
11. Considere los átomos A y B formando un plano cristalino?
  - a. Dibuje un cristal formando una solución ideal
  - b. Con desviación positiva de la idealidad.
  - c. Con desviación negativa de la idealidad
12. Defina
  - a. Solución sólida
  - b. Solución sólida intersticial
  - c. Vacancia
  - d. Falla de apilamiento
  - e. Origen de la energía de superficie.
13. Metalografía
  - a. ¿Qué tamaño tiene el objeto más pequeño capaz de visualizar con un microscopio metalográfico?
  - b. ¿Cómo es posible distinguir un borde de grano en el microscopio metalográfico?
  - c. ¿Qué es el Nital y para qué se usa y cómo actúa?
  - d. ¿Por qué la perlita se ve oscura y la martensita clara en el microscopio metalográfico?
14. Defina
  - a. Sistema de deslizamiento
  - b. Ley de Schmid

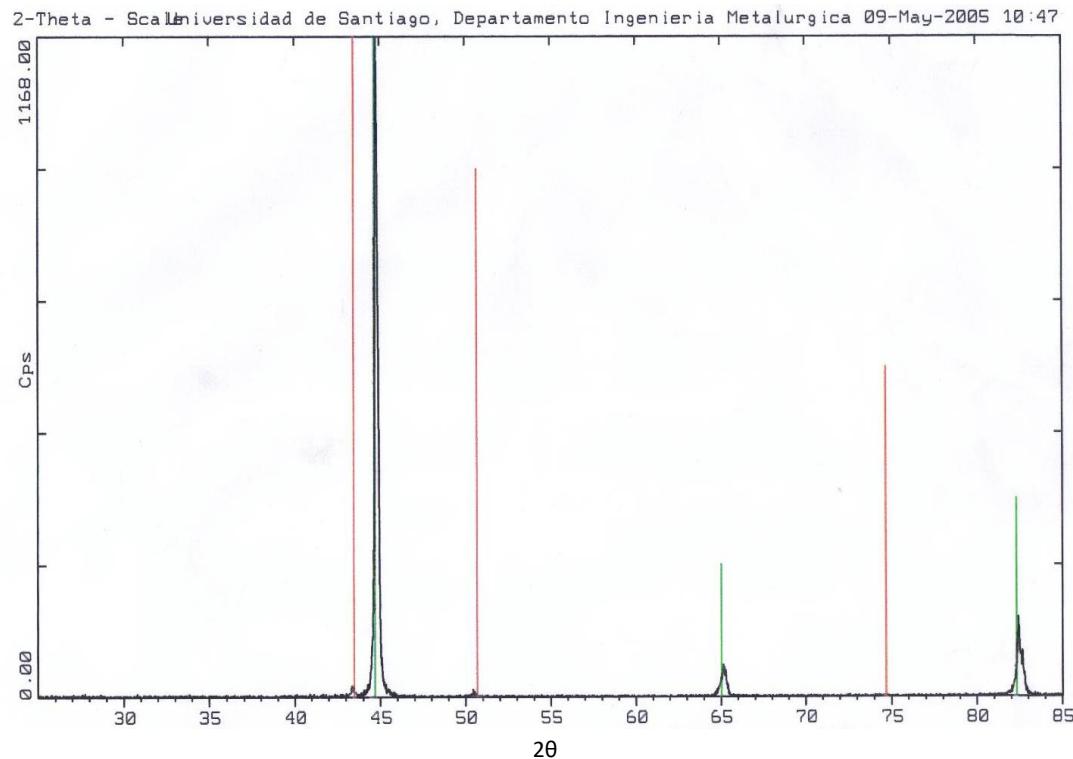
15. Describa una evidencia experimental del carácter cristalino de la deformación plástica de metales.

16.- Mediante los datos del Difractómetro de rayos X de nuestro laboratorio, mas el resultado de la difracción de un análisis de una muestra ferrosa. Se pregunta lo siguiente:

¿Qué tipo de estructura está presente BCC o FCC? o ambas. De existir ambas ¿puede estimar las cantidades?

Nota: los pick de difracción son sólo las especies de "cerros", son sólo 5, no hacer caso de las líneas verticales

Radiación	CuK $\alpha$ ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) 40kV, 30mA
Filtro	Níquel
Geometría de difracción	Bragg – Brentano, barrido 0-0
Monocromador	Cristal de grafito, haz difractado.
Rendija divergencia	1 mm
Rendija antidispersión	1mm
Rendija detectora	0.1 mm
Detector	Centelleo
Rango de barrido	35-140° (2θ)
Tamaño paso	0.02° (2θ)
Tiempo de detección	5 s
Rotación	60 RPM
Temperatura	293 K
Reducción de datos	Programa DIFFRAC AT



17.- Demuestre mediante un diagrama de energía vs composición que la solubilidad del carbono en la austenita en equilibrio con la cementita es mayor ( o menor) que en equilibrio con grafito. ¿Por qué la cementita es mas ( o menos) estable que el grafito (explicar claramente).

18. ¿Defina que es un grano?
19. Nombre y explique brevemente los mecanismos de endurecimiento y correlacionelo con un proceso, específico.
20. ¿Qué entiende por polinización?
21. ¿Qué es y cómo se forma un subgrano?, ¿cómo se forma?
22. Cuál es el tamaño de grano en micras de un grano ASTM 6.
23. ¿En particular, cuando se encuentran en equilibrio dos fase en un sistema multicomponente?, ¿Cuál es la base de la tangente común?
24. Como explica que el carbono en austenita difunde más lento que en ferrita, pero a su vez la austenita tiene mayor solubilidad de carbono que la ferrita.
25. Nombre y explique brevemente los mecanismos de endurecimiento y correlacionelo con un proceso, específico.
26. Que entiende por templabilidad de un acero
27. Por que no puedo obtener bainita en un acero no aleado por enfriamiento continuo
28. Dibuje las curvas de tracción de un acero SAE 4140 en las siguientes condiciones:
29. Recocido, templado, templado y revenido y normalizado

## PROBLEMAS

### Sección 4-1 Defectos puntuales

- 4-1 Calcule la cantidad de vacancias por  $\text{cm}^3$  que se esperan en el cobre a  $1080^\circ\text{C}$  (justo abajo de la temperatura de fusión). La energía de formación de vacancias es  $20\,000 \text{ cal/mol}$ .
- 4-2 La fracción de puntos de red que ocupan las vacancias en aluminio sólido a  $660^\circ\text{C}$  es  $10^{-3}$ . ¿Cuál es la energía necesaria para crear vacancias en el aluminio?
- 4-3 La densidad de una muestra de paladio FCC es  $11.98 \text{ g/cm}^3$  y su parámetro de red es  $3.8902 \text{ \AA}$ . Calcule  
a) la fracción de puntos de red que contienen vacancias y  
b) la cantidad total de vacancias en un centímetro cúbico de Pd.
- 4-4 La densidad de una muestra de berilio HCP es  $1.844 \text{ g/cm}^3$ , y sus parámetros de red son  $a_0 = 0.22858 \text{ nm}$  y  $c_0 = 0.35842 \text{ nm}$ . Calcule  
a) la fracción de los puntos de red que contienen vacancias y  
b) la cantidad total de vacancias en un centímetro cúbico.
- 4-5 El litio BCC tiene parámetro de red de  $3.5089 \times 10^{-8} \text{ cm}$  y contiene una vacancia por cada 200 celdas unitarias. Calcule  
a) la cantidad de vacancias por centímetro cúbico y  
b) la densidad del Li.
- 4-6 El plomo FCC (Pb) tiene un parámetro de red de  $0.4949 \text{ nm}$  y contiene una vacancia por cada 500 átomos de Pb. Calcule  
a) la densidad y  
b) la cantidad de vacancias por gramo de Pb.
- 4-7 Se produce una aleación de niobio introduciendo átomos de sustitución de tungsteno en la estructura BCC. Se obtiene una aleación con parámetro de red de  $0.32554 \text{ nm}$  y una densidad de  $11.95 \text{ g/cm}^3$ . Calcule la fracción de los átomos de la aleación que son de tungsteno.
- 4-8 Se introducen átomos de estaño en un cristal de cobre FCC y se produce una aleación con parámetro de red de  $3.7589 \times 10^{-8} \text{ cm}$  y una densidad de  $8.772 \text{ g/cm}^3$ . Calcule el porcentaje atómico de estaño que contiene la aleación.
- 4-9 Se sustituye el 7.5% atómico de los átomos de cromo en su cristal BCC con tántalo. La difracción de rayos X indica que el parámetro de red es  $0.29158 \text{ nm}$ . Calcule la densidad de la aleación.
- 4-10 Suponga que se introduce un átomo de carbono por cada 100 átomos de hierro, en posiciones intersticiales

del hierro BCC, y se obtiene un parámetro de red de  $0.2867 \text{ nm}$ . Calcule, para la aleación Fe-C, la densidad y el factor de empaquetamiento.

- 4-11 La densidad del hierro BCC es  $7.882 \text{ g/cm}^3$  y el parámetro de red es  $0.2866 \text{ nm}$ , cuando se introducen átomos de hidrógeno en posiciones intersticiales. Calcule  
a) la fracción atómica de hidrógeno y  
b) la cantidad promedio de celdas unitarias que contienen átomos de hidrógeno.

### Sección 4-2 Otros defectos puntuales

- 4-12 Suponga que hay un defecto de Schottky por cada diez celdas unitarias de MgO. Éste tiene la estructura cristalina de cloruro de sodio y un parámetro de red de  $0.396 \text{ nm}$ . Calcule  
a) la cantidad de vacancias de anión por  $\text{cm}^3$  y  
b) la densidad de la cerámica.
- 4-13 El ZnS (sulfuro de zinc) tiene la estructura de la blenda de zinc. Si la densidad es  $3.02 \text{ g/cm}^3$  y el parámetro de red es  $0.59583 \text{ nm}$ , calcule la cantidad de defectos de Schottky  
a) por celda unitaria y  
b) por centímetro cúbico.
- 4-14 Suponga que se introducen los siguientes defectos puntuales:  
a) iones  $\text{Mg}^{2+}$  que sustituyen a iones litio en el  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  
b) iones de  $\text{Fe}^{3+}$  que sustituyen a iones magnesio en el  $\text{MgO}$ ,  
c) iones  $\text{Li}^{1+}$  que sustituyen a iones magnesio en el  $\text{MgO}$  y  
d) iones  $\text{Fe}^{2+}$  que sustituyen a iones sodio en el  $\text{NaCl}$ .  
¿Qué otros cambios en cada estructura serían necesarios para mantener el balance de cargas? Explique por qué.
- 4-15 Escriba la ecuación de química de defectos para la introducción de  $\text{SrTiO}_3$  en el  $\text{BaTiO}_3$ , usando la notación de Kröger-Vink.
- 4-16 Escriba la ecuación de química de defectos para la introducción de  $\text{PbZrO}_3$  en  $\text{PbTiO}_3$ , usando la notación de Kröger-Vink.
- 4-17 Escriba la ecuación de química de defectos para la introducción de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  en  $\text{BaTiO}_3$ , usando la notación de Kröger-Vink.
- 4-18 Escriba la ecuación de química de defectos para la introducción de Si como dopante en GaAs, usando la notación de Kröger-Vink.
- 4-19 Escriba la ecuación de química de defectos para crear un defecto de Schottky en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , usando la notación de Kröger-Vink.

4-20 Escriba distintas ecuaciones posibles que puedan expresar la disolución de MgO en alúmina. Use la notación de Kröger-Vink y asegúrese de balancear la cantidad de sitios, la carga eléctrica y la masa.

4-21 Explique por qué al agregar pequeñas cantidades de CaO a la zirconia aumenta su conductividad. ¿En qué se usa esta clase de material?

### Sección 4-3 Dislocaciones

4-22 ¿Cuáles son los índices de Miller de las direcciones de deslizamiento:

- a) sobre el plano (111) en una celda unitaria FCC?
- b) sobre el plano (011) en una celda unitaria BCC?

4-23 ¿Cuáles son los índices de Miller de los planos de deslizamiento en celdas unitarias FCC que incluyen la dirección de deslizamiento [101]?

4-24 ¿Cuáles son los índices de Miller de los planos {110} en celdas unitarias BCC que incluyen la dirección de deslizamiento [111]?

4-25 Calcule la longitud del vector de Burgers en los siguientes materiales:

- a) niobio BCC,
- b) plata FCC y
- c) silicio cúbico de diamante.

4-26 Determine la distancia interplanar y la longitud del vector de Burgers para el deslizamiento según los sistemas esperados de deslizamiento en el aluminio FCC. Repita lo anterior suponiendo que el sistema de deslizamiento es un plano (110) y una dirección [111]. ¿Cuál es la relación entre los esfuerzos cortantes necesarios para el deslizamiento en los dos sistemas? Suponga que  $k = 2$  en la ecuación 4-2.

4-27 Determine la distancia interplanar y la longitud del vector de Burgers para el sistema de deslizamiento (110)/[111] en tántalo BCC. Repita lo anterior suponiendo que el sistema de deslizamiento es (111)/[110]. ¿Cuál es la relación entre los esfuerzos cortantes necesarios para el deslizamiento en los dos sistemas? Suponga que  $k = 2$  en la ecuación 4-2.

4-28 ¿Los materiales cerámicos y poliméricos pueden contener dislocaciones?

4-29 ¿Por qué los materiales cerámicos son frágiles?

4-30 ¿Cuáles son las distintas maneras en que se puede observar la ductilidad en los cerámicos?

### Sección 4-4 Observación de dislocaciones

4-31 ¿Qué es una "figura de corrosión"?

4-32 ¿Qué técnicas se usan para observar las dislocaciones?

4-33 ¿Qué es una línea de deslizamiento y qué es una banda de deslizamiento?

### Sección 4-5 Importancia de las dislocaciones

4-34 ¿Qué significan los términos deformación plástica y deformación elástica?

4-35 Una placa de acero se transforma en el chasis de un automóvil. En este proceso ¿interviene la deformación plástica o la deformación elástica? Explique por qué.

4-36 ¿Por qué la resistencia teórica de los metales es mucho mayor que la que se observa experimentalmente?

4-37 ¿Cuántos gramos de aluminio, con  $10^{10}$  cm/cm<sup>3</sup> de densidad de dislocaciones, se necesitan para producir una longitud total de dislocaciones que fuera desde Nueva York hasta Los Ángeles (3000 millas)?

4-38 La distancia de la Tierra a la Luna es de 240 000 millas. Si fuera la longitud total de las dislocaciones en un centímetro cúbico de material ¿cuál sería la densidad de dislocaciones en él?

4-39 ¿Por qué los metales serían materiales frágiles si no tuvieran dislocaciones?

4-40 ¿Por qué las dislocaciones desempeñan un papel importante en el control de las propiedades mecánicas de los materiales y, sin embargo, no importan en la determinación de las propiedades mecánicas de los vidrios?

4-41 Suponga que se desea introducir un átomo grande intersticial o sustitucional, en el cristal, cerca de una dislocación. ¿Cabría el átomo con más facilidad arriba o abajo de la línea de dislocación que se ve en la figura 4-8(b)? Explique por qué.

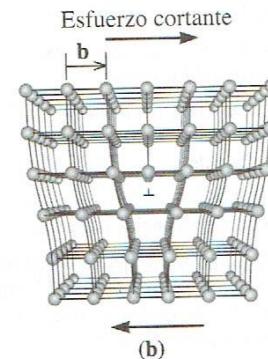


Figura 4-8(b) (Repetida para el problema 4-41). El movimiento continuo de la dislocación termina por crear un escalón.

4-42 Compare las relaciones  $c/a$  para los siguientes metales HCP, determine en cada uno los procesos probables de deslizamiento y estime el esfuerzo cortante crítico resuelto aproximado. Explique sus resultados. Vea los datos en el apéndice A.

- |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| a) zinc     | b) magnesio | c) titanio  |
| d) zirconio | e) renio    | f) berilio. |

#### Sesión 4-6 La ley de Schmid

- Un monocrystal de metal FCC se orienta de tal forma que la dirección [001] es paralela a un esfuerzo aplicado de 5000 psi. Calcule el esfuerzo cortante resuelto que actúa sobre el plano de deslizamiento (111), en las direcciones  $[1\bar{1}0]$ ,  $[0\bar{1}1]$  y  $[10\bar{1}]$ . ¿Cuál o cuáles sistemas se activarán primero?
- Un monocrystal de un metal BCC se orienta de tal modo que la dirección [001] es paralela al esfuerzo aplicado. Si el esfuerzo cortante crítico resuelto necesario para que haya deslizamiento es 12 000 psi, calcule la magnitud del esfuerzo aparente necesario para hacer que comience el deslizamiento en la dirección  $[1\bar{1}1]$  sobre los planos de deslizamiento  $(110)$ ,  $(011)$  y  $(10\bar{1})$ .
- Nuestra descripción de la ley de Schmid sólo fue acerca de monocrystals de un metal. Comente la ley de Schmid en un material policristalino. ¿Qué sucedería a medida que el tamaño de grano se hace más y más pequeño?

#### Sesión 4-7 Influencia de la estructura cristalina

- Por qué el cobre monocrystalino y policristalino es dúctil, mientras que el zinc monocrystalino puede tener una gran ductilidad, pero no el zinc policristalino?
- Por qué el deslizamiento cruzado en los metales BCC y FCC es más fácil que en los metales HCP? ¿Cómo influye eso sobre la ductilidad de los metales BCC, FCC y HCP?
- Ordene los siguientes metales por ductilidad esperada creciente. Cu, Ti y Fe.

#### Sesión 4-8 Defectos de superficie

- La resistencia del titanio es 65 000 psi cuando el tamaño de grano es  $17 \times 10^{-6}$  m, y es 82 000 psi cuando el tamaño de grano es  $0.8 \times 10^{-6}$  m. Determine
  - a) las constantes en la ecuación de Hall-Petch y
  - b) la resistencia del titanio cuando se reduce el tamaño de grano a  $0.2 \times 10^{-6}$  m.
- Una aleación de cobre y zinc tiene las siguientes propiedades:

Diametro de grano (mm)	Resistencia (MPa)
0.015	170 MPa
0.025	158 MPa
0.035	151 MPa
0.050	145 MPa

Determine

- a) las constantes de la ecuación de Hall-Petch y
  - b) el tamaño de grano necesario para que la resistencia sea 200 MPa.
- Para un número de grano ASTM 8, calcule la cantidad de granos por pulgada cuadrada

- a) con 100 aumentos ( $100\times$ ) y
- b) sin aumento (sin magnificación).

- 4-52 Determine el número de grano ASTM si se observan 20 granos/pulgada cuadrada con 400 aumentos.
- 4-53 Determine el número de grano ASTM si se observan 25 granos/pulgada cuadrada con 50 aumentos.
- 4-54 Determine el número de grano ASTM para los materiales de las figuras 4-18 y 4-23.

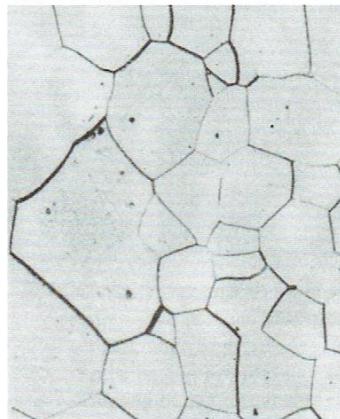


Figura 4-18 (Repetida para el problema 4-54). Microestructura del paladio ( $100\times$ ). (De ASM Handbook, vol. 9, *Metallography and Microstructure*, 1985, ASM International, Materials Park, OH 44073.)

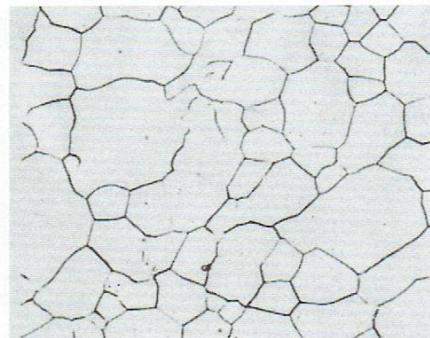


Figura 4-23 Microestructura del hierro, para el problema 4-54 ( $500\times$ ). (De ASM Handbook, vol. 9, *Metallography and Microstructure*, 1985, ASM International, Materials Park, OH 44073.)

- 4-55 Ciertos cerámicos con propiedades dieléctricas especiales se usan en sistemas de comunicaciones inalámbricas. El tantalato de bario y magnesio (BMT) y el tantalato de bario y zinc (BZT) son ejemplos de esos

materiales. Determine el número ASTM de tamaño de grano de la microestructura cerámica de tantalato de bario y magnesio (BMT) que se muestra en la figura 4-24.

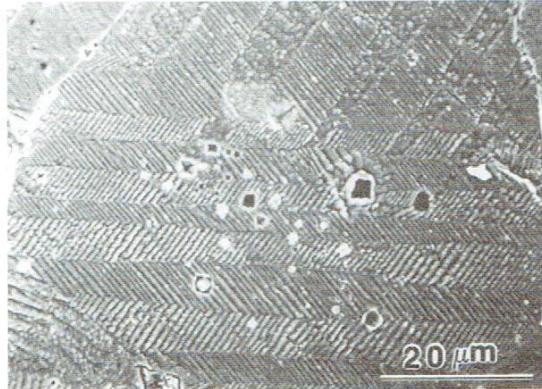


Figura 4-24 Microestructura de una cerámica de tantalato de bario y magnesio (BMT).

- 4-56 La alúmina es el material cerámico que más se usa. Determine el número ASTM de tamaño de grano para la muestra de alúmina policristalina que se muestra en la figura 4-25.

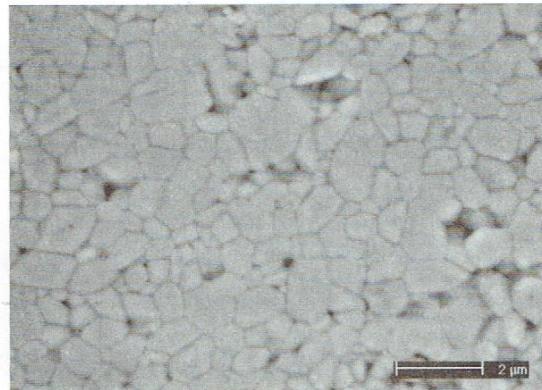


Figura 4-25 Microestructura de una cerámica de alúmina. (Cortesía de Richard McAfee y el Dr. Ian Nettleship.)

- 4-57 ¿Qué es el análisis de imágenes? ¿Cómo se usa en la determinación de la microestructura?  
4-58 El ángulo  $\theta$  de un límite inclinado es  $\sin(\theta/2) = b/2D$  (Véase la Fig. 4-19). Compruebe si es correcta esa ecuación.

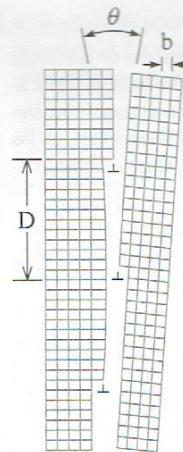


Figura 4-19 (Repetida para los problemas 4-58, 4-59, 4-60). El límite de grano con ángulo pequeño se produce con un conjunto de dislocaciones que causa un desplazamiento angular  $\theta$  entre las redes a ambos lados del límite.

- 4-59 Calcule el ángulo  $\theta$  de un límite de grano con ángulo pequeño en aluminio FCC, cuando las dislocaciones están separadas 5000 Å. (Véase la Fig. 4-19 y la solución del problema 4-58.)  
4-60 Calcule la distancia promedio entre dislocaciones en el hierro BCC, en un límite de grano en ángulo pequeño inclinado 0.50°. (Véase la Fig. 4-19.)  
4-61 ¿Por qué se usan partículas ultrafinas de metales preciosos para catalizar las reacciones en la refinación del petróleo?  
4-62 ¿Qué se agrega a un cristal de alúmina para controlarlo en un cristal de rubí?  
4-63 ¿Por qué un monocristal de un cerámico superconductor es capaz de conducir mucho más corriente por una área que un superconductor de un cerámico polimérico de la misma composición?  
4-64 ¿Qué es un dominio? ¿Qué clases de materiales tienen dominios? Describa algunos ejemplos.  
4-65 Describa cualquier aplicación de un material magnético, uno ferrimagnético y uno ferromagnético.

#### Sección 4-9 Importancia de los defectos

- 4-66 ¿Qué hace que el acero simple al carbono sea mejor que el hierro puro?  
4-67 ¿Por qué la joyería se fabrica con oro o plata en vez de cobre?  
4-68 ¿Por qué se prefiere usar cristales de semiconductores que contengan una cantidad de dislocaciones lo más pequeña como sea posible?